

## 여름철 근권부의 냉온처리가 경기장 잔디의 생육 및 무기성분 함량에 미치는 영향

이혜정 · 송지원 · 구자형\*

충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

### Effect of Root Zone Cooling on Growth and Mineral Contents of Turfgrasses in Simulated Athletic Field during Summer Season

Hye-Jung Lee · Ji-Won Song · Ja-Hyeong Ku\*

Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of root zone cooling on growth and quality of turfgrasses including Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L. 'Nuglade'), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L. 'Accent'), tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb. 'Pixie'), and Japanese lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.) in simulated athletic field during summer season in Korea. Mineral contents in clippings of turfgrasses grown at different soil mixtures and temperatures were also analyzed. Root zone cooling (approximately 4~6°C lower than that of untreated-control) resulted in good uniformity, little disease incidence and higher level of chlorophyll contents in cool-season turfgrasses. The effectiveness of root zone cooling in protecting disease incidence from high temperature stress was the most manifest in perennial ryegrass compared to others. Fresh clipping weight in treatment of root zone cooling was increased approximately 2 times in Kentucky bluegrass and perennial ryegrass, and 2.5 times in tall fescue compared to those of control. There was higher growth rate in a soil mixture composed of 80% peat moss + 10% sand + 10% soil (v/v/v) than in that of 80% peat moss + 20% sand (v/v). Mineral contents of N, P, K, Ca, and Mg in clippings of three species of cool-season turfgrasses were significantly increased in treatment of root zone cooling but this was not found in Japanese lawngrass. Results showed that root zone cooling has a benefit in keeping good quality and growth of cool-season turfgrasses in sports field under supraoptimal ambient temperature during summer season.

**Key words:** Kentucky bluegrass, perennial ryegrass, tall fescue, Japanese lawngrass, soil mixtures, fresh clipping weight, chlorophyll content

\*corresponding author. Tel : 042-821-5737

E-mail : kujja99@cnu.ac.kr

## 서 론

최근 한국에는 골프시설의 증가와 함께 2002년 한·일 월드컵의 개최를 계기로 새로운 잔디구장의 건설과 함께 잔디에 대한 관심이 크게 높아지고 있으며 잔디의 재배 및 사용량도 차츰 증가하고 있는 실정이다(권 등, 2000).

한국지역에 자생하는 들잔디는 난지형으로 건조하고 온도가 높은 기후조건에서 잘 견디며, 병에 대한 내성도 강하여 관리가 쉬우면서도 식생이 다년간 양호하게 유지되는 장점을 가지고 있다. 그러나 예초 후 shoot가 다시 자라나는 회복속도가 느리고 질감이 거칠며 1년 중 4월 중순부터 9월까지만 생육하기 때문에 연중 녹색의 지속기간이 짧고 지면을 피복 하는데 오랜 시간이 걸리는 단점을 가지고 있다(Beard, 1973; Christians, 1998; Turgeon, 1991).

한지형 잔디로서 녹색 기간이 길고 운동 경기장에 많이 사용되는 Kentucky bluegrass, perennial ryegrass, tall fescue, creeping bentgrass류는 대개 16°C에서 24°C 사이에서 생육이 가장 왕성하고 뿌리 생육에 적합한 토양온도는 10°C에서 18°C이다(Beard, 1973; 1997). 그러나 한국지역의 여름철은 30°C 이상의 고온 다습한 상태가 오랫동안 지속되므로 한지형 잔디의 생육에는 아주 불리한 조건이라 할 수 있다. 고온에 의한 일시적 휴면, 즉 하고현상과 장마철의 고온 다습으로 인한 병의 발생이 아주 심하기 때문에 아직 경기장 잔디로 광범위하게 사용되지 않고 있으며, 잔디관리가 소홀한 상태에서는 우수한 질의 잔디밭 유지에 어려운 점이 많다(이 등, 2001; Wallner et al., 1982; Wehner and Watschke, 1981).

그러나 최근에 건설되는 대부분의 운동경기장이 한지형 잔디로 이루어지고 있으며, 일부 골프장 건설에서도 green부분만을 creeping bentgrass로 피복하던 관례를 벗어나 골프장 전면적

을 한지형 잔디로 피복하는 경우가 늘어나고 있다. 고온다습한 기후에서 잘 생육할 수 있는 품종의 개발 및 선발은 물론 재배적 방법에 의한 내성증대 노력도 많이 이루어지고 있으나 아직 만족할 만한 방법은 이루어지고 있지 않은 실정이다(김 등, 1989; 권과 김, 1998; Imada et al., 1993; 이 등, 2001).

최근에는 지반 조성시 SubAir system을 사용하여 잔디의 뿌리생육 환경을 개선하거나(Dodd and Martin, 1999), 근권부에 가온 파이프를 설치하여 연중 온도의 변화폭을 줄여 겨울철의 결빙 방지는 물론 계절에 관계없이 한지형 잔디의 생육을 도모하여 경기장을 연중 사용하려는 시도가 늘고 있다(Pollard, 1991; Thomas, 1989). 일본의 Saitama stadium이나 미국의 Cleveland Browns stadium을 비롯한 유명 경기장에서는 각각 40km, 64km에 달하는 파이프 라인을 지반에 설치한 것으로 알려지고 있다.

따라서 본 연구는 한국에 조성되고 있는 잔디구장의 사용횟수를 늘리고 여름철에 잔디의 하고현상을 예방하여 우수한 품질을 유지하기 위한 방법을 모색하고자 근권부 온도를 냉·온으로 조절할 수 있는 장치를 마련하고 여름철의 냉온처리가 한지형 잔디의 생육 및 품질에 어떤 영향을 미치는가를 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 지반조성

대조구의 지반조성은 USGA공법에 준하여 설치하였고(USGA Green Section Staff, 1993), 온도 처리구는 냉·온을 결합하여 조절할 수 있는 스테인레스 파이프로 만들어진 이중관을 지표로부터 40cm 지하에 매설하고 50m 지점에서 40cm 간격으로 되돌려 열 매체가 순환될 수 있도록 설치한 다음 대조구와 같은 방법으로 지반을 조성하였다(Fig. 1). 온도 조절 파이프는 길

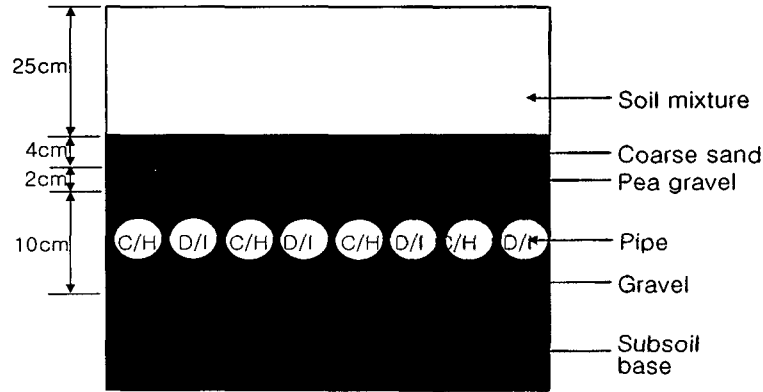


Fig. 1. Soil profile and cooling/heating system for root zone temperature control. C/H; cooling/heating pipe and D/I; drainage/irrigation pipe.

이 5m, 직경 50mm의 외부관에 길이 5.1m, 직경 20mm의 내부관을 넣은 후 내부관과 외부관 사이에 급속 열 전달 물질을 충전하고 밀봉하였으며 외부로 나온 내부관을 서로 연결하여 열 전달 매체가 계속적으로 순환하도록 만들었다. 열 전달 매체는 중앙조절장치의 공급관을 통해 관을 통과한 후 다시 중앙조절장치로 들어가는 재순환 방법을 이용하였다. 이중관 시스템을 사용한 이유는 토양과 접촉하는 발열관의 면적을 넓게 하여 짧은 시간에 보다 많은 넓이의 면적에 균일하게 열을 공급할 수 있도록 하기 위하여 고안되었기 때문이다.

여름철 잔디 근권부의 냉각은 중앙조절장치에서 -5~0℃의 냉매를 순환시켜 지반의 온도조절이 가능하도록 하였다. 대조구와 온도 처리구의 면적은 각각 길이 50m×폭 1m의 포장을 조성하고 토양배합을 구분하여 설정하였다. 사용한 토양의 조성은 모래와 peat moss의 혼합비를 80% : 20%(v/v)으로 하여 혼합한 것과 모래, peat moss 그리고 일반토양의 혼합비를 80% : 10% : 10%(v/v/v)로 하여 혼합한 것을 사용하였고 시험구의 크기는 1×1.8m으로 하였으며 시험구는 난피법 3반복으로 배치하였다.

#### 공시재료

실험에 사용한 잔디 종류와 품종은 Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L. 'Nuglade'), perennial ryegrass(*Lolium perenne* L. 'Accent'), tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb. 'Pixie'), Japanese lawngrass(*Zoysia japonica* Steud.)의 4종으로 하였고, 파종량은 Kentucky bluegrass  $7.32g \cdot m^{-2}$ , perennial ryegrass  $34.2g \cdot m^{-2}$ , tall fescue  $40.2g \cdot m^{-2}$ , Japanese lawngrass  $12.2g \cdot m^{-2}$ 로 하였으며 1999년 6월 5일 파종하였다. 파종 후 발아가 거의 완료되기까지 차광막으로 덮고 1일 2회 관수하였다.

#### 잔디관리

여름철 근권부 10cm 깊이의 온도를 자연상태에 비하여 약 4~6℃ 낮게 유지하였다. 시비량은 미생물제와 혼합하여 연간 N, P, K를 각각 16, 15, 15  $g \cdot m^{-2}$ 를 시비하였고 잔디의 예취는 높이를 2.5cm로 하여 봄·가을에는 10일 간격으로, 여름에는 6~7일 간격으로 예초하였다. 관수는 매일 또는 2일에 한 번씩 실시하였고 지표면으로부터 약 3cm 이상이 젖을 때까지 충분히 관수하였다. 잔디포장에 대한 답압처리는

60kg의 로리를 사용하여 예취 후 표면을 고르게 정리하고 기타의 관리와 생육조사를 위하여 수시로 사람에 의한 답압이 가해진 외에는 별도의 처리를 하지 않았다. 살균제는 병징이 나타나는 초기에 주로 살포하고 제초제는 사용하지 않았다.

### 조사항목

#### 생육 및 피해조사

생육량은 6~7일에 한 번 예초한 후 단위면적당 생체중을 측정하여 종합하였다. 잔디발 형성시 균일도(uniformity) 및 병 발생은 실험기간 중 정기적으로 3명의 관찰자가 측정한 것을 종합하였다. 균일도는 잔디의 퍼짐과 균일성을 종합하여 1=very poor(매우 불량), 2=poor(불량), 3=medium(중간), 4=good(우수), 5=excellent(매우 우수)로 나누어 5단계로 측정하였다. 병 발생 정도는 잔디가 고사하여 잎이 갈변하는 정도를 측정하여 0=none(피해 없음), 1=slight(가벼운 피해), 2=moderate(중간 정도 피해), 3=severe(심한 피해), 4=extensive(대부분 피해), 5=complete(완전 피해)로 구분하여 6단계로 하였다.

#### 엽록소 측정

엽록소 함량의 측정은 잔디 시료 0.05g을 80% Acetone 용액과 혼합하여 마쇄한 후 전체량을 50ml 정량하여 냉암소에 24시간 보관하였다. 엽록소를 추출한 후 UV spectrophotometer(Pharmacia Biotech, Ultrospec 3000)를 사용하여 645nm와 663nm에서 흡광도를 측정하여 전체 엽록소 함량을 계산하였다(Arnon, 1949).

#### 무기물 분석

식물체중 무기물 분석은 Gains and Mitchel (1979)의 방법에 준하였다. Total-N은 Kjeldahl

법을 사용하여 시료 0.5g을 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣어 360~410℃로 가열한 후 Kjeldahl분석기로 측정하였다. P는 과염소산(HClO<sub>4</sub>)법으로 0.5g의 시료에 HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HCl<sub>4</sub>(10 : 1 : 4)의 비율로 혼합한 용액을 넣어 hot plate로 검은색의 용액이 투명해질 때까지 가열하여 100ml로 정량하여 시료액과 발색시약(Ammonium meta vanadate)을 동량으로 혼합하여 470nm파장의 UV spectrophotometer로 측정한 후 함량을 계산하였다. K, Ca, Mg의 측정은 잔디 시료를 80℃에서 하루동안 건조시킨 후 충분히 마쇄하고 준비된 시료 0.05g을 회화로(Dong Yang Science CO., SR 9000)에 넣고 480℃에서 8시간 연소시켜 분해하였다. 분해한 후 100℃ 교반기에 올려놓고 6N HCl 2ml를 넣어 휘발시키고 4ml를 한 번 더 첨가하여 휘발시킨 다음 lanthanum lithium solution으로 50ml로 정량하고 atomic absorption spectrophotometer(GBC 932/933)로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

잔디의 고온에 대한 내성의 한계는 종류 및 품종에 따라 차이가 있어 perennial ryegrass의 경우는 36℃부터 피해가 나타나고(Imada et al., 1995), 연구결과에 따라 차이는 있으나 Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass의 경우 41~43℃에서 피해가 나타나는 것으로 보고되고 있다(Wehner and Watschke, 1981; Marcum, 1998). Waller et al.(1982)은 50℃ 고온에서 creeping bentgrass와 tall fescue에 비하여 Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass에서 치사시간이 오래 걸리는 것을 관찰한 바 있다. 그러나 대체적으로 잔디의 고온에 대한 내성은 tall fescue가 가장 강하고 다음으로 creeping bentgrass, Kentucky bluegrass이며 perennial ryegrass가 가장 약한 것으로

알려지고 있다(Beard, 1973; Minner et al., 1983; Turgeon, 1991). Table 1은 시험기간 동안의 대기온도의 변화와 지표 아래 10cm의 온도를 측정된 결과이다. 한낮의 최고 대기온도는 7, 8월의 경우 33℃를 넘었고 토양온도는 28~31℃에 달하였으나 지반의 냉온처리는 토양온도를 대조구에 비하여 약 3.8~6.3℃ 정도 낮추어 여름철 전기간을 24~25℃ 이하로 유지할 수 있었다.

잔디 파종 후 3개월이 지난 다음 잔디포장의 균일도를 조사한 결과 Table 2에서와 같이 대조구에 비하여 저온 처리구에서 균일성이 매우 높은 것으로 나타났다. 대조구의 잔디 상태는 한지형 잔디들에 비하여 들잔디가 균일성이 우수하였다. 공시한 품종에서는 냉온처리를 하지 않았을 경우 Kentucky bluegrass가 tall fescue나 perennial ryegrass에 비하여 우수한 것으로 나타났으나 저온 처리를 할 경우 tall fescue와

perennial ryegrass에서 Kentucky bluegrass에 비하여 균일성이 훨씬 좋은 것으로 나타났다. 이러한 이유는 Kentucky bluegrass의 초기 생육이 다른 종류에 비하여 비교적 느리다는 점과 근권부의 냉온처리로 고온에 대한 내성이 비교적 약한 perennial ryegrass나 tall fescue의 고온 스트레스에 의한 생육억제를 방지하고 병의 발생을 억제하여 잔디 생육을 촉진한 효과가 큰 결과에서 기인된 것으로 볼 수 있다.

지반의 냉온처리의 효과를 관찰하기 위하여 병징이 발생한 후 농약을 살포한 결과(Table 2) 대조구에서 재배한 한지형 잔디에서는 잔디파종 후 생육초기에 많이 발생하는 Damping-off and seedling blight의 해로 인하여 완전 교사하는 부분이 많았다. 파종 후 어느 정도 잔디밭이 조성된 후와 그 이듬해 여름철에는 한지형 잔디에서 주로 brown patch와 pythium blight의 발생이 많았다. 잔디 종류별로 비교했을 경우 대조구에

Table 1. Monthly changes of air and soil temperatures of lawn during the experiment.

Month	Temperature (°C)				
	Air			10 cm depth from soil surface (Aver.) <sup>2</sup>	
	Aver.	Max.	Min.	Control	Cooling
June	22.2	30.9	17.8	28.3	24.0
July	25.6	33.8	21.9	28.5	24.7
Aug.	25.8	33.9	22.6	31.3	25.0
Sep.	19.8	29.6	16.3	28.0	22.5

<sup>2</sup>Soil temperatures were measured at 2:00 p. m.

Table 2. Effect of root zone cooling on uniformity and disease incidence rate of turfgrasses determined during summer season.

Turfgrass	Uniformity <sup>2</sup>		Disease incidence rate <sup>3</sup>	
	Control	Cooling	Control	Cooling
Kentucky bluegrass	3.1 b <sup>x</sup>	3.9 c	0.5 c	0.0 c
Perennial ryegrass	2.6 c	4.3 b	4.2 a	0.8 a
Tall fescue	2.5 c	4.4 b	2.0 b	0.6 b
Japanese lawngrass	5.0 a	5.0 a	0.0 d	0.0 c

<sup>2</sup>1=very poor to 5=excellent.

<sup>3</sup>0=no injury to 5=complete injury.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

서는 perennial ryegrass에서 병 발생이 가장 심하였고 다음으로 tall fescue에 심하였다. 병해로 인하여 perennial ryegrass에서는 많은 비율의 면적에서 괴사증상을 보였다. 반면 저온 처리구에서는 Kentucky bluegrass의 경우 전혀 병 발생이 없었으며 perennial ryegrass와 tall fescue에서도 약간의 병발생을 보였을 뿐이다. 이와 같이 지하부의 냉온처리는 여름철에 발생하는 병의 발생을 현저히 감소시킬 뿐만 아니라 잔디의 생육을 촉진하여 병해에 의해 괴사된 부분도 빠르게 회복시키는 결과를 보였다. 난지형 잔디에서는 대조구와 저온처리구 모두 병 발생의 징후가 발견되지 않았다.

잔디 잎의 엽록소 함량은 Kentucky bluegrass의 경우 토양온도 차이에 따라 차이가 있었으나 perennial ryegrass와 tall fescue의 경우 대조구에 비하여 저온 처리구에서 엽록소 함량이 증가하였다(Table 3). 토양혼합 조건에 따른 엽록소 함량의 유의차는 인정되지 않았다. Okawara와 Kaneko(1995)는 한지형 잔디는 35℃ 이상이 되면 엽록소가 용해되어 피해가 나타나는 것으로 보고하였는데, 한국의 7, 8월 기온은 잔디표면의 온도를 35℃보다 높게 상회하는 경우가 많은 것으로 보아 고온에 의한 생육 장애는 상당히 클 것으로 추정된다. Liu와

Huang(2000a)은 한지형 잔디가 고온 스트레스를 받게 되면 antioxidants의 활성을 감소시켜 lipid의 과산화를 증가시키므로 세포막의 손상을 초래하고 chlorophyll의 함량을 감소시켜 생장이 둔화되는 것으로 보았다. 잔디 종류별로는 Kentucky bluegrass에서 다른 종류에 비해 엽록소 함량이 높은 것으로 나타났다. 들잔디는 토양온도 처리에 따른 효과가 없는 것으로 나타났다.

Clipping의 양을 통하여 생육량을 측정할 결과 근권부의 냉각은 고온에 의해 생육이 부진한 한지형 잔디의 생육이 월등히 증가하였다(Table 4). 토양조성에 따라 예지물의 양에 다소 다른 차이를 보였으나 Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass에서는 2배 이상의 차이를 보였고, tall fescue의 경우에는 2.5배 이상의 생육차이를 나타내었다. 토양조성에 따른 잔디의 생육량은 한지형 잔디의 경우 대체적으로 모래 + peat moss 혼합한 처리구에 비해 모래 + peat moss + 일반토양을 혼합한 처리구에서 생육이 좋은 것으로 나타났으나 들잔디에서는 모래 + peat moss만을 혼합한 경우가 더 증진되었다. Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass에서는 일반토양에 혼합된 구에서 냉온처리의 효과가 더 증진되는 것으로 나타났다. 여름철에

**Table 3.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on total chlorophyll content in leaves of turfgrasses during summer season.

Treatment	Chlorophyll content (mg · g <sup>-1</sup> fresh wt)				
	Kentucky bluegrass	Perennial ryegrass	Tall fescue	Japanese lawngrass	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	3.14 c <sup>2</sup>	3.21 c	2.64 b	2.02 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	3.44 bc	3.26 c	2.68 b	2.99 a
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	4.09 a	4.07 a	3.22 a	2.39 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	3.69 ab	3.40 b	2.83 a	2.15 a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

생육이 왕성한 난지형 잔디 역시 냉온 처리구에서 생육량이 증가하였다. 이는 일반토양을 혼합한 곳에서 모래와 peat moss만을 혼합한 처리구에 비해 수분 보유력이 높아(Taylor et al., 1997) 고온기의 수분 스트레스가 적었던 원인도 생각할 수 있으나 난지형 잔디일지라도 한 여름 고온에 의한 생육저해가 어느 정도 나타날 수 있음을 의미하는 것으로 보인다.

Table 5는 Kentucky bluegrass의 무기성분 함량을 비교한 결과이다. 근권부의 저온처리는 N과 P의 함량을 크게 높였으며, 특히 K는 대조구에 비하여 저온 처리구에서 2.7~2.9배의 함량을 보였다. 잔디관리에서 과도한 N의 시비와

수분의 과도한 공급은 고온에 대한 내성을 감소시키는 것으로 알려지고 있다(Wehner and Watschke, 1981). Huang and Xu(2000)는 creeping bentgrass에서 지상부가 고온에 노출되고 지하부의 온도가 낮을 경우 N, P, K의 흡수가 증가되고 뿌리의 생장을 개선한다고 보고한바 있으며 특히 K 함량이 고온에 대한 내성과 관계가 깊은 것으로 보았다(Xu and Huang, 2000).

Jiang and Huang(2000)은 Ca 처리는 식물체 내에서 antioxidants의 활성을 높여 세포막에서 lipid의 과산화를 방지하는 역할을 하므로 tall fescue와 Kentucky bluegrass의 고온에

**Table 4.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on clipping fresh weight of turfgrasses during summer season.

Treatment	Clipping fresh wt (g · m <sup>-2</sup> · day <sup>-1</sup> )				
	Kentucky bluegrass	Perennial ryegrass	Tall fescue	Japanese lawngress	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	5.41 b <sup>z</sup>	4.95 c	5.32 b	9.48 b
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	6.82 b	6.14 c	6.39 b	8.35 b
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	11.92 a	9.50 b	14.25 a	16.50 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	15.15 a	15.27 a	13.96 a	16.19 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 5.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on mineral content in clippings of Kentucky bluegrass during summer season.

Treatment	Mineral content (percent dry wt)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	2.87 b <sup>z</sup>	0.15 c	0.41 b	0.13 b	0.042 c
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	2.79 b	0.16 c	0.50 b	0.12 b	0.051 c
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	3.32 a	0.23 a	1.13 a	0.34 a	0.064 bc
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	3.15 ab	0.21 b	1.45 a	0.31 a	0.105 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

대한 내성을 증대시키는 것으로 보고한 바 있다. 토양온도의 냉각은 Ca 함량을 대조구에 비하여 2.6배 정도 높였고 Mg 역시 많은 함량의 증가를 보였다. Perennial ryegrass에서도 비슷한 경향으로 대조구에 비하여 냉온처리구에서 현저히 많은 함량을 보였으나 P의 함량이 Kentucky bluegrass에 비하여 크게 증가된 결과를 보였다 (Table 6). Tall fescue 역시 앞서의 두 종류와 비슷한 경향을 보였고 무기물 함량도 비슷한 수준으로 나타났다(Table 7). 그러나 한지형인 들잔디는 한지형 잔디에 비해 조사된 모든 무기물 성분의 함량이 크게 적은 것으로 나타났으며 특히 N, P성분이 한지형 잔디들에 비하여 절반 이하로 적게 나타났다(Table 8). 들잔디 역시 지하

부의 냉온처리는 식물체내 무기성분의 함량을 크게 높여 주었는데 성분에 비하여 P의 함량이 2배 정도 증가된 결과를 보였다. 토양조성에 따른 무기성분 함량의 차이는 공시된 잔디 모두에서 일정한 경향을 찾아볼 수 없었다.

경기장과 같이 답압과 토양 고결 등이 문제되는 환경조건에서 고온, 다습에 노출되면 토양 내 산소량이 줄고 탄산가스의 함량이 많아지는 결과를 초래하여 잔디의 생육을 저해한다(Bunnell and McCarty, 1999; Dodd and Martin, 1999). 특히 한지형 잔디는 고온에 노출될 경우 엽록소의 감소는(Okawara and Kaneko, 1995) 물론 세포 내의 antioxidant 활성의 감소, shoot와 뿌리에서의 glucose와 sucrose의 감소 등이

**Table 6.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on mineral content in clippings of perennial ryegrass during summer season.

Treatment	Mineral content (percent dry wt)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	2.83 c <sup>2</sup>	0.18 b	0.41 d	0.11 c	0.049 b
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	2.60 d	0.17 b	0.71 c	0.11 c	0.056 b
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	3.01 b	0.30 a	1.20 a	0.22 b	0.122 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	3.90 a	0.29 a	1.03 b	0.34 a	0.112 a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 7.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on mineral content in clippings of tall fescue during summer season.

Treatment	Mineral content (percent dry wt)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	2.78 c <sup>2</sup>	0.16 c	0.50 b	0.12 b	0.052 b
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	2.41 d	0.17 c	0.51 b	0.11 b	0.060 b
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	3.13 b	0.27 b	1.51 a	0.27 a	0.093 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	3.61 a	0.29 a	1.43 a	0.31 a	0.111 a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



**Table 8.** Effect of root zone cooling and soil mixture ratio on mineral content in clippings of Japanese lawngrass in summer season.

Treatment	Mineral content (percent dry wt)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Control	sand : peat moss (80 : 20)	1.01 c <sup>2</sup>	0.08 c	0.40 c	0.09 b	0.024 c
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	1.05 c	0.09 c	0.42 c	0.08 b	0.026 c
Cooling	sand : peat moss (80 : 20)	1.51 b	0.18 b	1.04 a	0.18 a	0.056 a
	sand : peat moss : soil (80 : 10 : 10)	1.62 a	0.21 a	0.83 b	0.23 a	0.042 b

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

초래된다(Liu and Huang, 2000a; 2000b). 또한 과도한 고온은 단백질 함량의 감소, free ammonia의 증가, 그루타민 함량의 급격한 감소 등을 초래하여(Beard, 1973) shoot의 생장, 잎이 허약해지고 색깔이 짙은 녹색 내지 청록으로 변한다. 또한 잔디 전체로 보아 뿌리의 생장, 분얼, 즙액, 엽수, 잎 넓이, 잎의 길이, 엽면적 및 새로운 잎의 출현 등이 감소되는 것으로 알려져 있다.

Table 1에서 밝혔듯이 7, 8월의 한낮의 잔디 표면의 최고 온도는 35℃를 넘는 경우가 많을 뿐만 아니라 토양온도 역시 28.5~31.3℃에 달하는 것으로 미루어 이는 한국의 한 여름철 기온변화에 의한 토양온도의 상승이 한지형 잔디의 생육을 저해하는 주요한 요인으로 판단된다. 따라서 근권부의 온도를 냉각시킬 수 방안은 한지형 잔디의 고온 스트레스를 감소시켜 줌으로써 무기성분의 흡수를 증진시켜 고온하에서도 하고증상을 방지하고 잔디의 생육을 도모하여 잔디의 품질을 높일 수 있는 방안으로 판단된다.

## 요 약

근권부의 온도를 대조구에 비하여 낮게 조절하고 토양조성을 달리하여 여름철 고온기에 Kentucky

bluegrass(*Poa pratensis* L. 'Nuglade'), perennial ryegrass(*Lolium perenne* L. 'Accent'), tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb. 'Pixie'), Japanese lawngrass(*Zoysia japonica* Steud.)를 재배하고 잔디의 품질, 병해발생 정도, 엽록소 함량을 조사하고 아울러 예지물의 무기물 함량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 여름철 근권부의 온도를 4~6℃ 낮게 처리한 경우 한지형 잔디의 균일성을 현저히 높여주고 병의 발생률을 크게 억제시켰으며 그 효과는 perennial ryegrass에서 가장 큰 것으로 나타났다. 엽록소 함량은 토양조성에 따라 변화가 없었으나 냉온 처리구에서 대조구에 비하여 크게 증가되었다.
2. 여름철 근권부의 냉온처리는 Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass는 대조구에 비하여 약 2배, tall fescue는 2.5배 이상의 clipping무게 증가를 나타냈다. 난지형 잔디인 들잔디에서도 냉온처리구에서 생육의 증진효과를 보였다. 한지형 잔디는 모래+peat moss를 80:20(v/v)으로 혼합한 토양에 비하여 모래+peat moss+일반토양을 80:10:10(v/v/v)으로 혼합한 토양에서 많은 생장을 보였다.

3. 근권부의 냉온처리는 공시된 세 종류의 한지형 잔디에서 N, P, K, Ca 그리고 Mg의 흡수를 증가시켰으나 들잔디에서는 흡수차이를 보이지 않았다. 토양의 혼합비율에 따른 무기물 함량의 차이는 인정되지 않았다. 이상의 결과로 미루어 근권부의 냉온처리는 고온 스트레스에 의한 잔디의 생육저하를 감소시키고 여름철 하고현상을 예방하여 줌으로써 고온다습한 기후조건에서도 경기장의 잔디 품질을 우수하게 유지할 수 있는 방안으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Arnon, C. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiol.* 24:1-15.
2. Beard, J. B. 1973. *Turfgrass*. Science and Culture. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
3. Beard, J. B. 1997. Dealing with heat stress on golf course turf. *Golf Course Management* 65:54-59.
4. Bunnell, B. T. and B. McCarty. 1999. Gases underground. *Golf Course Management*. Oct. 65-69.
5. Christians, N. 1998. *Fundamentals of turfgrass management*. Ann Arbor Press, Chelsea, Mich.
6. Dodd, R. and B. Martin. 1999. Sub-surface cooling and aeration. *Golf Course Management*. Sept. 71-74.
7. Gains T. P. and G. A. Mitchell. 1979. Chemical method for soil and plant analysis. Univ. Georgia Coastal Plain Exper. Station, Agron. Handbook No. 1.
8. Huang, B. R. and Q. Z. Xu. 2000. Root growth and nutrient element status of creeping bentgrass cultivars differing in heat tolerance as influenced by supraoptimal shoot and root temperatures. *J. Plant Nutrition* 23:979-990.
9. Imada, T., K. Razmjoo, J. Hirano, S. Kaneko, and R. Ishii. 1993. Response of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars to heat stress. *J. Jap. Soc. Grass. Sci.* 39:225-235.
10. Jiang, Y. W. and B. R. Huang. 2001. Effects of calcium on antioxidant activities and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. *J. Exper. Bot.* 52:341-349.
11. 김태일, 구자형, 원동찬. 1989. Pachlobutrazol 처리가 perennial ryegrass의 생육 및 고온과 건조 stress에 미치는 영향. *한국잔디학회지* 3:24-33.
12. 권찬호, 김석정. 1998. 한지형 잔디품종의 비교. *한국잔디학회지* 12:215-224.
13. 권영식, 주영규, 김경남, 김두환, 심규열, 심상렬, 최준수, 손진수. 2000. 2002년 월드컵 축구경기장 잔디그라운드 조성관리 지침. 월드컵축구대회조직위원회.
14. 이재필, 김석정, 서한용, 한인송, 이상재, 김태준, 김두환. 2001. 차광이 한지형 잔디의 여름철 하고현상 감소에 미치는 영향. *한국잔디학회지* 15:51-64.
15. Liu, X. Z. and B. R. Huang. 2000a. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. *Crop Science* 40:503-510.
16. Liu, X. Z. and B. R. Huang. 2000b. Carbohydrate accumulation in relation to heat stress tolerance in two creeping bentgrass. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*

- 125:442-447.
17. Marcum, K. B. 1998. Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 1214-1218.
  18. Minner, D. D., P. H. Dernoeden, D. J. Wehner, and M. S. McIntosh. 1983. Heat tolerance screening of field-grown cultivars of Kentucky bluegrass and perennial ryegrass. *Agro. J.* 75:772-775.
  19. Okawara, R. and S. Kaneko. 1995. Comparison of chlorophyll fluorescence of cool and warm season grasses at chilling and high temperature. *Grassland Sci.* 41:26-30.
  20. Pollard, F. 1991. Turning up the heat at Pebble beach golf links. *Golf Course News.* June. p. 1.
  21. Tayler, D. H., C. F. Williams, and S. D. Nelson. 1997. Water retention in root-zone soil mixtures of layered profiles used for sports turf. *HortScience* 32:82-85.
  22. Thomas, G. 1989. How the installation of heating cables overcame the problems of shade (waterlogging, compaction and poor turf growth-except for *Poa*) at Ormond Park bowling club. *TurfCraft Aust.* 13:25-28.
  23. Turgeon, A. J. 1991. *Turfgrass management.* Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
  24. USGA Green Section Staff. 1993. USGA recommendations for a method of putting green construction. *USGA green Section Record Mar./Apr.* 1993: 1-3.
  25. Wallner, S. J., M. R. Becwar, and J. D. Butler. 1982. Measurement of turfgrass heat tolerance in vivo. *H. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:608-613.
  26. Wehner, D. J. and T. L. Watschke. 1981. Heat tolerance of Kentucky bluegrass, perennial ryegrass, and annual bluegrass. *Agron. J.* 73:79-84.
  27. Xu, Q. Z. and B. R. Huang. 2000. Growth and physiological responses of creeping bentgrass to changes in air and soil temperatures. *Crop Sci.* 40: 1363-1368.